1 Потенциометарски - позициони сервомеханизам

- потенциометар је уређај који служи за претварање угаоног померања у напонски сигнал

- потенциометар:

што је $\theta > 0 \rightarrow u = k U_0$ — нека пропорционалност

за $\theta < 0 \rightarrow u = k \cdot -U_0$

принципијална функционална шема потенциометра

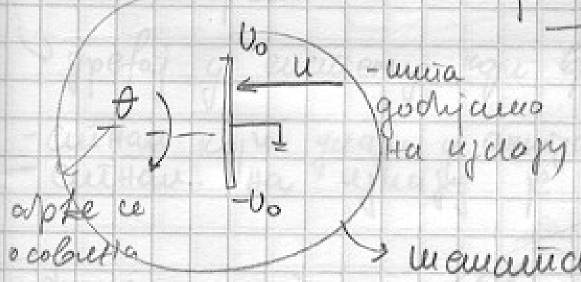
$u = k_p \cdot \theta$

$U = k_p \cdot \pi$

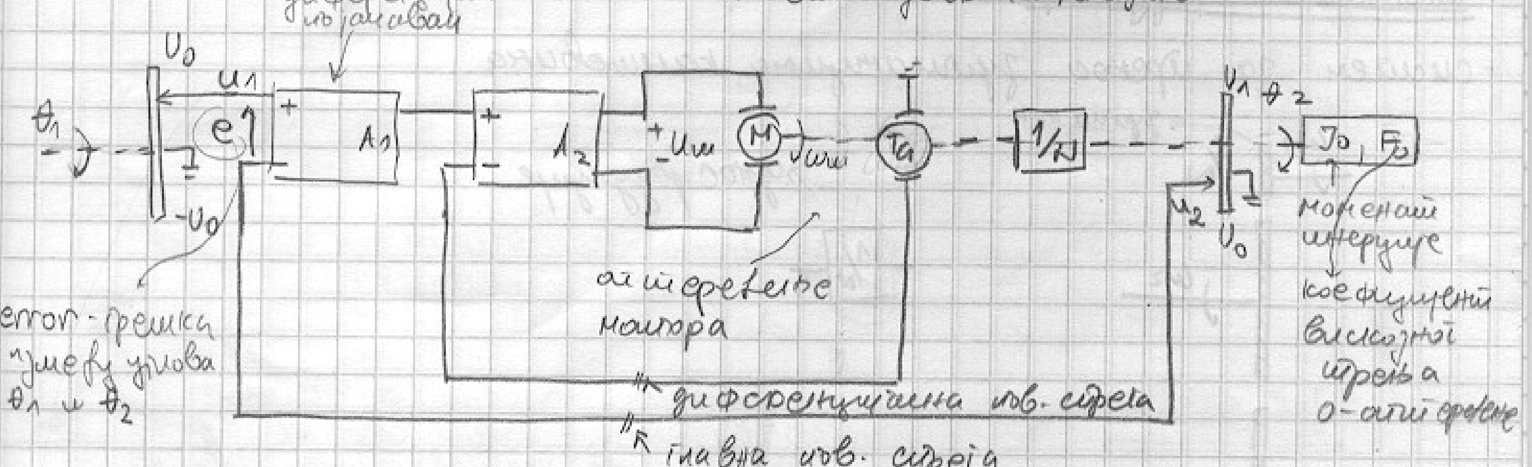
$$\boxed{u = \left(\frac{U_0}{\pi}\right)\theta}$$

- уљене четкице на мотору - ако се напуне прашином или поквасају, мотор не ради

- јавља се проблем грешке због промене вискозног трења.

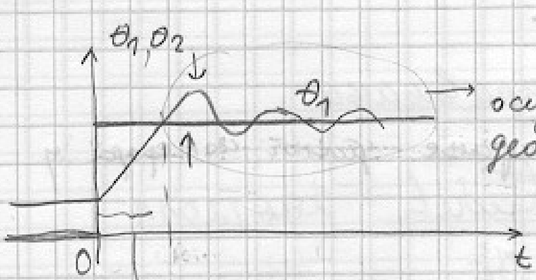


шематска ознака потенциометра



- мора да има механизам (θ_1 и θ_2) њих пореди и она се назива негативна повратна спрега (суштина система).

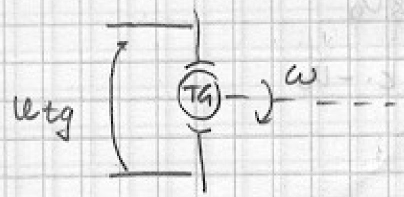
- сервомеханизам - систем који има повратну спрегу серво волан - мотори покрећу осовину, а не ми, само задајемо угао



осцилаторни део прескок

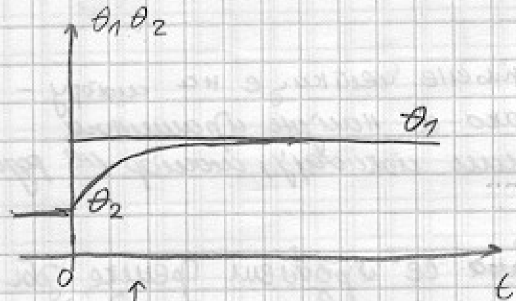
систем не сме да се креће брзо, већ управљемо уређај који га успорава

- **тахогенератор** - мери брзину успостављања



$u_{tg} = k_{tg} \cdot \omega$

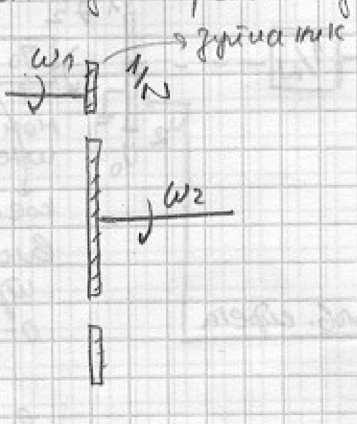
- потенциометри, мењају положај осовине на задату позицију



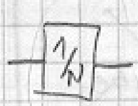
изгубили смо на брзини али смо добили прецизност

- **механички редуктор**

- систем за пренос зупчаника, каишевина...

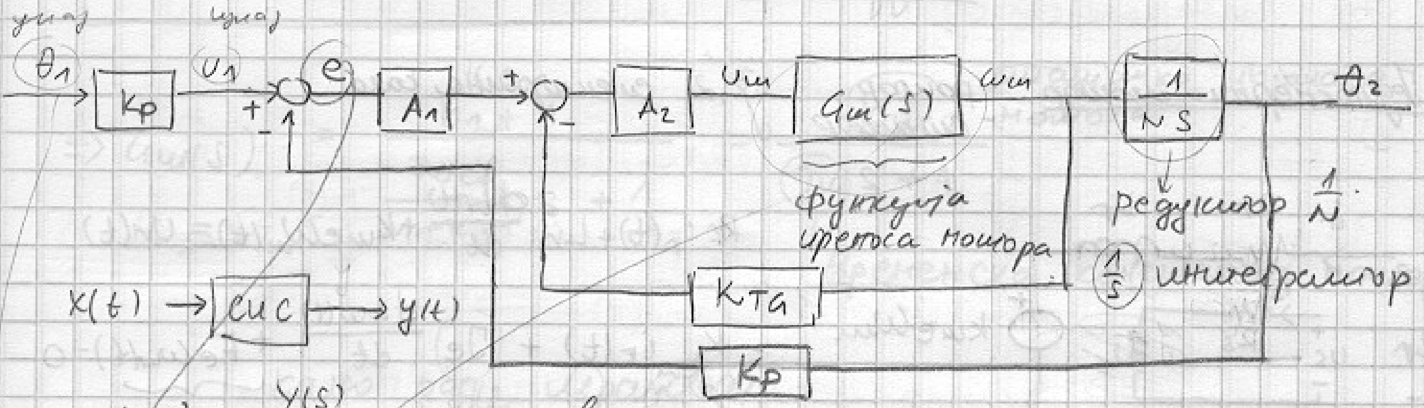


однос редукције



Механички редуктор је уређај који служи за прилагођење оптерећења мотора

2 Структурни блок дијаграм система



$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$ под условом да је систем у потпуности релаксиран.

$\delta(t) \rightarrow$ СИС $\rightarrow g(t)$ — импулсни одзив система $g(t)$

$G(s) = \mathcal{L}\{g(t)\}$ $\qquad G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \mathcal{L}\{g(t)\}$

улазни - референтни сигнал

сигнал грешке

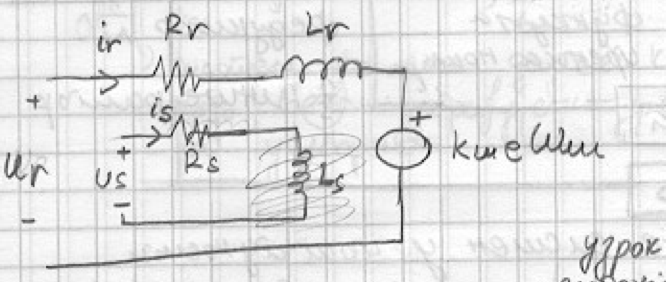
уређај у систему који врши рад - актуатор

- сигнал који улази у актуатор је управљачки сигнал
- сигнал на излазу је управљани сигнал

биметал - за упоређивање 2 температуре, метал се продужује и скраћује и успоставља и прекида контакт

3 Једносмерни мотор и механички редуктор

Једносмерни мотор – ротор – статор } 2 електрична кола



$$R_r i_r(t) + L_r \frac{d i_r(t)}{dt} + K_{me}\omega_m(t) = U_r(t)$$

$$-K_{em} i_r(t) + J_e \frac{d\omega_m(t)}{dt} + F_e\omega_m(t) = 0$$

узрок струја — механичка повезаност — момент инерције — моменат за савладавање вискоз. трења

$U_r = U_s$ углавном

статор изазива контра електромоторну силу коју изазива чињеница ротирања ротора

$$(L_r \cdot S + R_r)\cdot I_r(S) + K_{me}\omega_m(S) = U_r(S)$$

$$-K_{em}\cdot I_r(S) + (J_e S + F_e)\omega_m(S) = 0$$

извести написати на тесту

$$G_m(S) = \frac{\omega_m(S)}{U_r(S)} = \frac{K_{em}}{(L_r S + R_r)(J_e S + F_e) + K_{em}K_{me}}$$

– реална рационална ф-ја 2-ог реда

коефицијенти су реални у облику количника

полином у имениоцу је 2-ог степена

$$G_m(S) = \frac{\frac{K_{em}}{R_r F_e}}{\left(\frac{L_r}{R_r}S+1\right)\left(\frac{J_e}{F_e}S+1\right) + \frac{K_{me}K_{em}}{R_r F_e}} = \frac{K_1}{(T_{el}S+1)(T_{meh}S+1)+K_2}$$

секунда T_{el} (електрична константа)

T_{meh} механичка временска константа

$T_{el} << T_{meh}$ – код јако малих мотора са малим димензијама једино ово не важи, а тиме се овде не бавимо

$T_{el} + T_{meh} \approx T_{meh}$

$$G_{\omega}(s) = \frac{K_1}{T_{meh}\cdot s + 1 + K_2} \Rightarrow$$ - сада је ф-ја преноса првог реда

$$\Rightarrow G_{\omega}(s) = \frac{\frac{K_1}{K_2+1}}{\frac{T_{meh}}{1+K_2}s + 1} = \frac{K_m}{T_m s + 1}$$

K_m — статичко појачање мотора

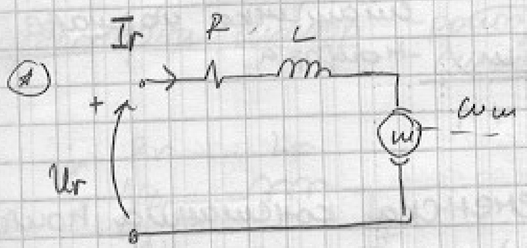
T_m — временска константа мотора

тако ради пратвај

Вежбе 08.10.2014

(72) amarjanovic@etf.rs

(1)



$$(R+sL)I_r(s) + k_{me}\cdot\omega_m(s) = U_r(s)$$

$$-k_{em}\cdot I_r(s) + (J_e + sF_e)\,\omega_m(s) = 0$$

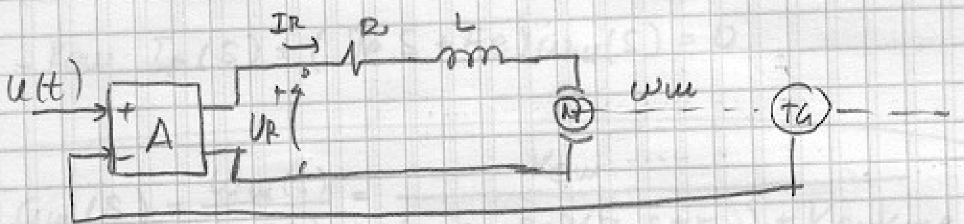
$$G_m(s) = \frac{\omega_m(s)}{U_r(s)}$$

$$I_R(s) = \frac{(J_e + s\cdot F_e)\,\omega_m(s)}{k_{em}}$$

$$U_r(s) \longrightarrow \boxed{G_m(s)} \xrightarrow{\omega_m(s)}$$

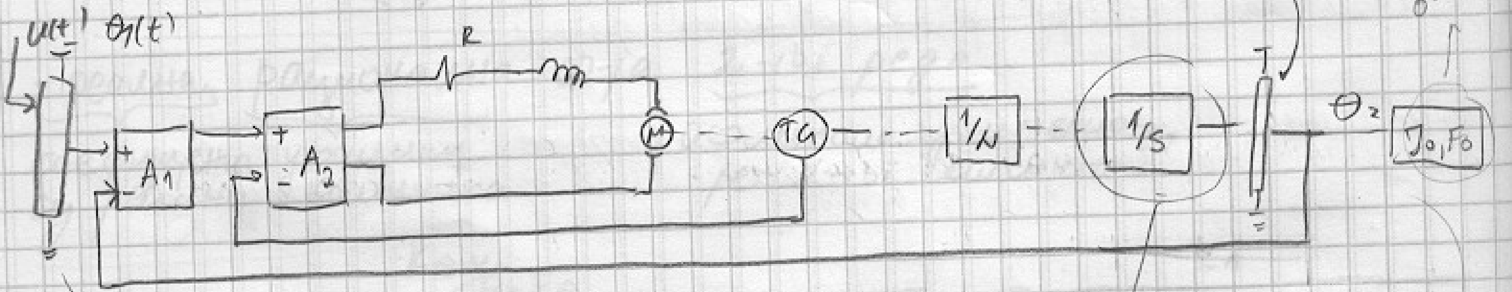
$$(1) \rightarrow G_m(s) = \frac{K_1}{(T_{el}s+1)(T_{mex}s+1)+K_2}$$

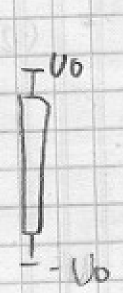
$$\underbrace{G_m(s) = \frac{k_m}{T_m s+1}}\qquad T_{el} \ll T_{mex}$$



увек иде у пар потенциометар

оптерећење

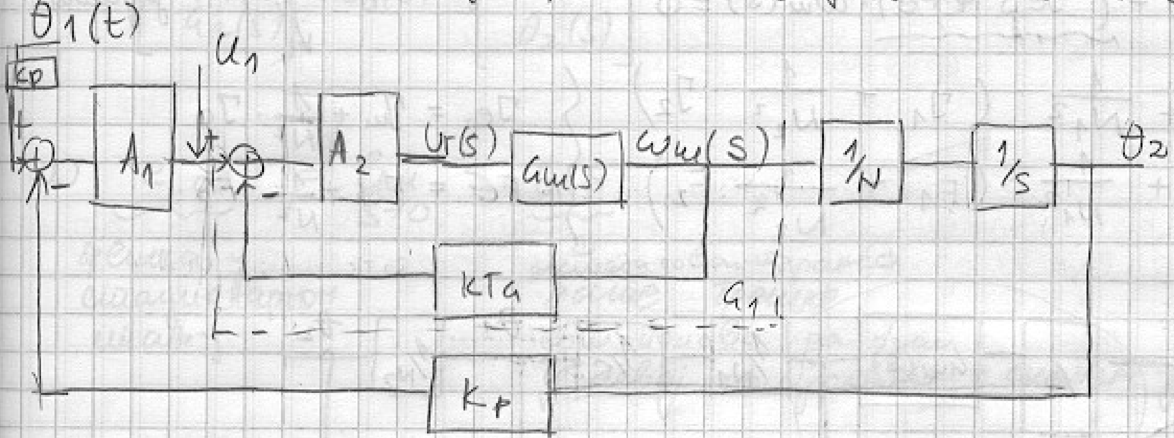




ако уградимо потенциометар $\boxed{1/s}$ можемо да поставимо реф. пот. - даје информацију у позицију

редуктор је онај чија је улога да привидно смањи оптерећење

① Нацртати блок шему потенциометарског позиционог сервомеханизма, па одредити ф-ју преноса од улаза θ_1 до излаза θ_2



$$G_1(S) = \frac{\omega_m(S)}{U_1(S)}$$

$$\omega_m(S) = G_m(S)\cdot A_2\cdot\left(U_1(S) - K_{TG}\cdot\omega_m(S)\right)$$

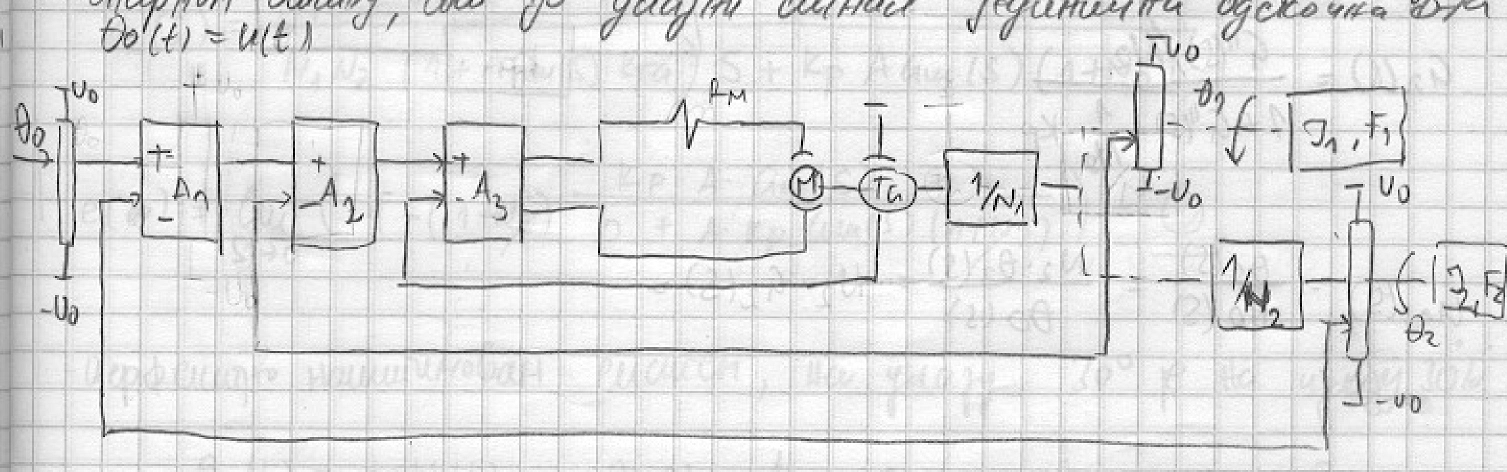
$$\omega_m(S) = \left(1 + G_m(S)\cdot A_2\cdot K_{TG}\right) = G_m(S)\cdot A_2\cdot U_1(S) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow\quad G_1(S) = \frac{G_m(S)\cdot A_2}{1 + G_m(S)\cdot A_2\cdot K_{TG}}$$

$$G(S) = \frac{\theta_2(S)}{\theta_1(S)} = \frac{A_1\cdot G_1(S)\cdot\frac{1}{NS}\cdot K_p}{1 + A_1\cdot G_1(S)\cdot\frac{1}{NS}\cdot K_p}$$

ако се K_p стави иза сабирача нема разлике!

② На слици је приказан позициони потенциометарски сервомеханизам, представити систем структурним дијаграмом (блок) па
а) одредити ф-је преноса од улаза θ_0 до излаза θ_1 и од улаза θ_0 до излаза θ_2.
б) Одредити вредност грешке $e(t) = \theta_0(t) - \theta_1(t) - \theta_2(t)$ у стационарном стању, ако је улазни сигнал јединична одскочна ф-ја $\theta_0(t) = u(t)$



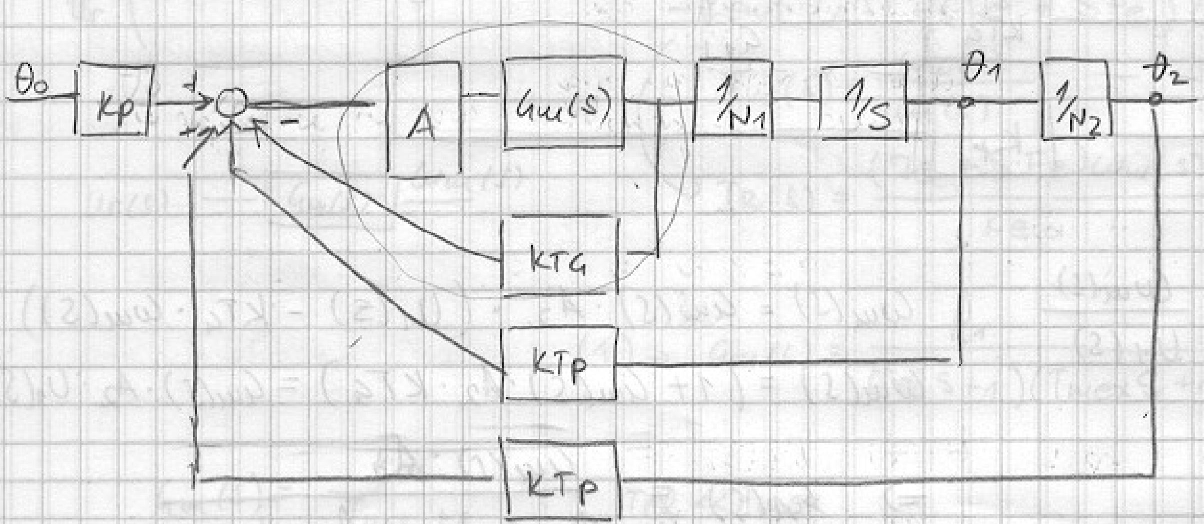
$$R_m \cdot I_m(s) + K_{me} \cdot \omega_m(s) = U_m(s)$$

$$-K_{em} \cdot I_m(s) + (J_e s + F_e) \cdot \omega_m(s) = 0$$

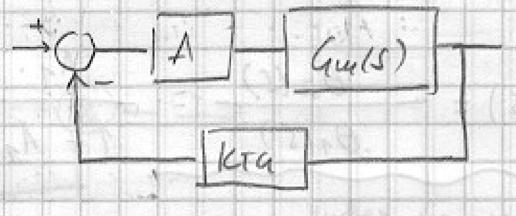
За претходни задатак

$$J_e = J_m + \frac{1}{N_1^2} \cdot \left(J_1 + \frac{1}{N_2^2} \cdot J_2 \right) \qquad J_e = J_m + \frac{1}{N^2} \cdot J_0$$

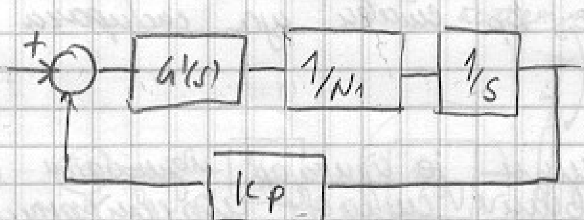
$$F_e = F_m + \frac{1}{N_1^2} \cdot \left(F_1 + \frac{1}{N_2^2} F_2 \right) \qquad F_e = F_m + \frac{1}{N^2} \cdot F_0$$



$$\theta_2(s) = \theta_1(s) \cdot \frac{1}{N_2}$$

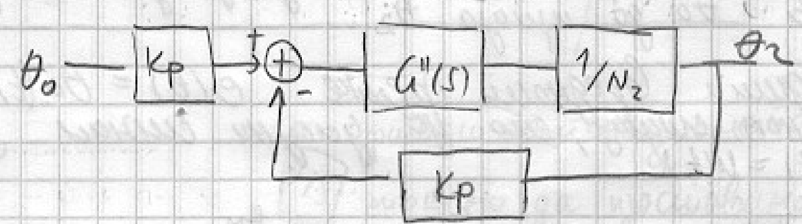


$$G'(s) = \frac{A G_m(s)}{1 + A G_m(s) \cdot K_{TG}}$$



$$G''(s) = \frac{G'(s) \cdot \frac{1}{N_1} \cdot \frac{1}{s}}{1 + G'(s) \cdot \frac{1}{N_1} \cdot \frac{1}{s} \cdot K_p}$$

$$G_2(s) = \frac{\theta_2(s)}{\theta_0(s)}$$



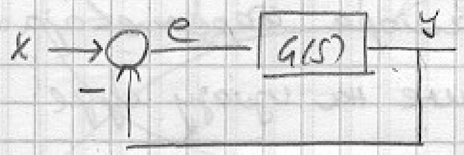
$$G_2(s) = \frac{G''(s)/N_2}{1 + G''(s) \cdot \frac{1}{N_2} \cdot K_p}$$

$$G_1(s) = \frac{\theta_1(s)}{\theta_0(s)} = \frac{N_2 \cdot \theta_2(s)}{\theta_0(s)} = N_2 \cdot G_2(s) =$$

$$\begin{bmatrix} G_1(s) \\ G_2(s) \end{bmatrix} \cdot \theta_0(s) = \begin{bmatrix} \theta_1(s) \\ \theta_2(s) \end{bmatrix}$$

б) $$\underbrace{e(\infty)}_{\text{грешка у стационарном стању}} = \lim_{s \to 0} s \cdot \underbrace{E(s)}_{\text{лапласова трансф. наше грешке}}$$

сви полови да буду у левој полуравни – систем да буде стабилан



$e = x - y \Rightarrow E(s) = X(s) - Y(s)$

$$e(t) = \theta_0(t) - \theta_1(t) - \theta_2(t) \Leftrightarrow$$

$$E(s) = \theta_0(s) - \theta_1(s) - \theta_2(s) =$$

$$= \theta_0(s) - G_1(s)\cdot\theta_0(s) - G_2(s)\cdot\theta_0(s) =$$

$$= \theta_0(s)\cdot(1 - G_1(s) - G_2(s)) =$$

$$= (1 - (1+N_2)\cdot G_2(s))\cdot\theta_0(s)$$

$$e(t) = \lim_{s\to 0} s\cdot(1-(1+N_2)\cdot G_2(s))\cdot\theta_0(s), \quad \theta_0(t) = U(t)$$

$$\underline{\theta_0(s) = 1/s}$$

$$e(t) = \lim_{s\to 0} s\cdot\frac{1}{s}(1-(1+N_2)\cdot G_2(s))$$ за рампу је $\frac{1}{s^2}$

$$G_2(s) = \frac{K_p A\cdot G_m(s)}{N_1 N_2 (1 + A G_m(s) K_{TG}) s + K_p A G_m(s)(1+N_2)}$$

$$e(\infty) = \lim_{s\to 0}\left(1 - (1+N_2)\frac{K_p\cdot A\cdot G_m(s)}{0 + A\cdot K_p\cdot G_m(s)(1+N_2)}\right) = \underline{0}$$

- перфектно наштимован систем, на улазу 30° је на излазу 30°

$\theta_0(t) = t\cdot U(t)$ $\quad \underline{\theta_0(s) = \frac{1}{s^2}}$ за домаћи $e(\infty) = ?$

да ли су полови у левој полуравни?

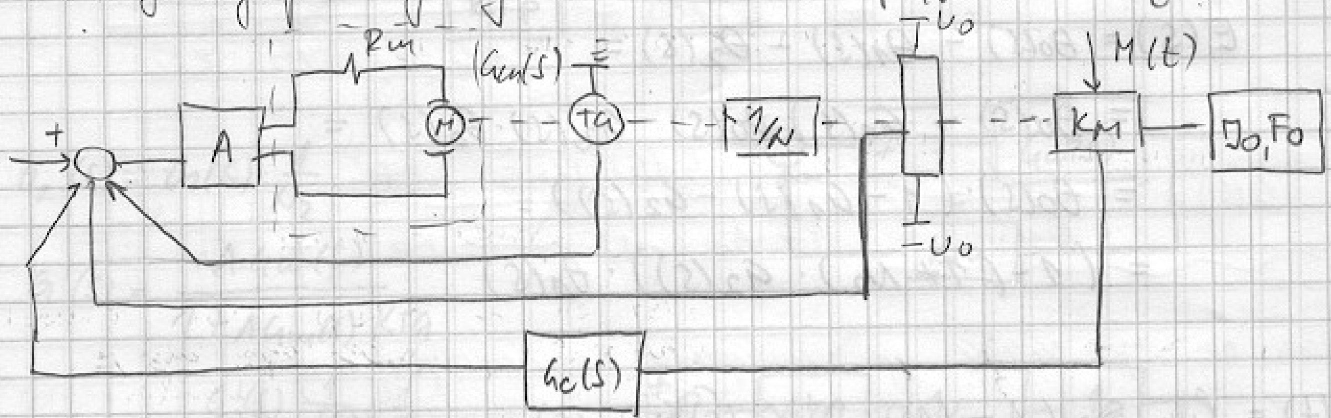
- највише је 2-ог реда, све је позитивно свуда, сервомеханизам је увек стабилан

(3) На слици је приказан сервомеханизам на чијој излазној осовини делује променљиви момент оптерећења $M(t)$ који се мери помоћу сензора константне осетљивости K_M

а) извести поједине ф-је преноса компоненти система и формирати структурни блок дијаграм

б) Одредити ф-ју преноса у односу на поремећај $\theta(s)/M(s)$ као и ф-ју преноса компензатора поремећаја $G_c(s) = ?$ такву да положај осовине на излазу буде инваријантан у односу на M.

- Компензатор који омогућава да се систем понаша као да нема обзира који је момент на крају (нам унео под б)



$$G_m(s) = R_m(s)\cdot I_r(s) + K_{me}\cdot \omega_m(s) = U_m(s)$$

$$-K_{em}\cdot I_r(s) + (J_e s + F_e)\cdot \omega_m(s) + \underbrace{M(s)/N}_{} = 0$$

код момента је $\frac{1}{N}$!

Предавања

09.10.2014.

$$G_m(S) = \frac{\omega_m(S)}{U_r(S)} = \frac{K_m}{T_m S + 1}$$

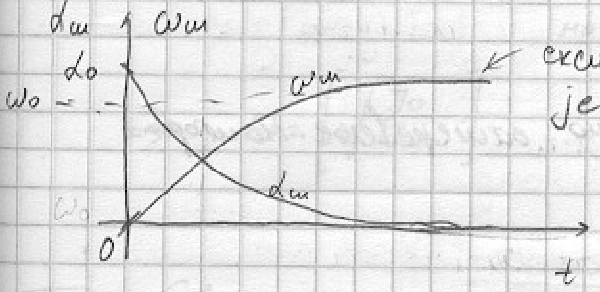
K_m → стат. појачање

T_m → константа мотора

$$\Rightarrow (T_m S + 1)\,\omega_m(S) = K_m \cdot U_r(S) \quad / L^{-1}$$

$$T_m \cdot \alpha_m(t) + \omega_m(t) = K_m \cdot u_r(t)$$

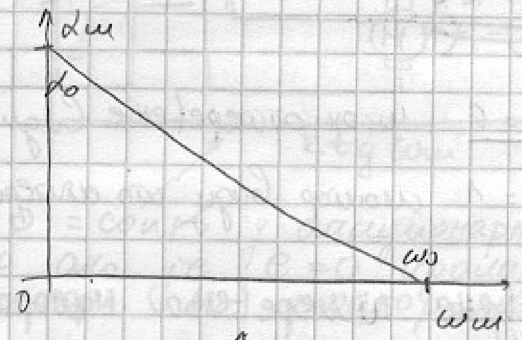
$K_m \cdot u_r(t)$ → const



експоненцијално јер је једначина I реда

$$\alpha_m(t) = \alpha_0 e^{-t/T_m}, \quad \omega_m(t) = \omega_0\left(1 - e^{-t/T_m}\right)$$

$$\omega_m(t) = \omega_0\left(1 - \frac{\alpha_m(t)}{\alpha_0}\right)$$



највећи моменти

- једносмерни је једноставнији мотор, највеће убрзање када му је брзина 0 на стартовању. најмекши мотори када имају одређени број обртаја имају највећи моменат.

покретачка карактеристика мотора (најважнија карактеристика)

тест за 2 недеље

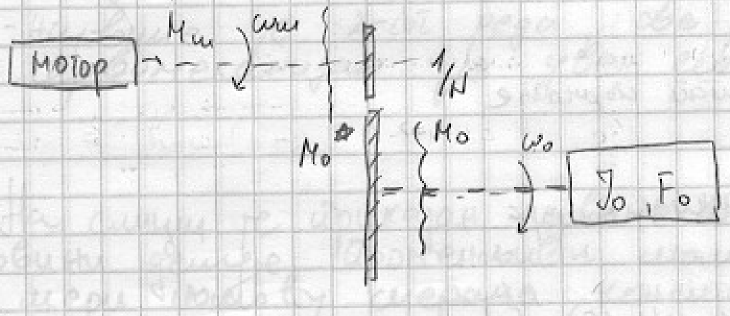
$$\alpha_0 = \frac{K_m}{T_m} \cdot U_r$$

$$\omega_0 = K_m \cdot U_r$$

статичка константа, кад се све смири у систему онда је брзина пропорционална напајању

T_m краће - систем је бржи и обратно

- механички редуктор: (као пар зупчаника се реализује)



1) $\omega_m(s) = N\cdot\omega_0(s)$

2) $M_0(s) = (J_0 s + F_0)\,\omega_0(s)$

3) $M_0^*(s)\,\omega_m(s) = M_0(s)\cdot\omega_0(s)$

4) $M_{m_0}(s) = (J_m s + F_m)\cdot\omega_m(s)$ → сопствено оптерећење мотора

5) $M_m(s) = M_{m0}(s) + M_0^*(s)$

5) $$M_m(s) = (J_m s + F_m)\,\omega_m(s) + \frac{M_0(s)}{\omega_m(s)}\,\omega_0(s) =$$

$$= (J_m s + F_m)\,\omega_m(s) + \frac{1}{N}(J_0 s + F_0)\frac{1}{N}\,\omega_m(s) =$$

$$= \Big[\underbrace{\Big(J_m + \frac{1}{N^2}J_0\Big)}_{J_e} s + \underbrace{\Big(F_m + \frac{1}{N^2}F_0\Big)}_{F_e}\Big]\,\omega_m(s)$$

еквивалентно J_e за 1 брзину $N=6$ и он оптерећење види $\frac{1}{36}$

за 6 брзину $N=1$ мотор види то оптерећење

механички редуктор служи за прилагођење оптерећења мотора

$$M_m(s) = \underbrace{(J_e s + F_e)}_{Z_e(s)}\,\omega_m(s) = Z_e(s)\cdot\omega_m(s)$$

$Z_e(s)$ еквивалентна механичка импеданса

$$Z_e(s) = \underbrace{Z_m(s)}_{\text{импеданса мотора}} + \frac{1}{N^2}\underbrace{Z_0(s)}_{\text{импеданса оптерећења}}$$

- оптимални однос редукције редуктора:

одабир N параметара:

високо трење занемарљиво веома квалитетан механизам, и он ка[о]

$M_m(S) = (J_e(S) + F_e)\,\omega_m(S) \approx$ да понашамо механизам у стартовању.

$= (J_e) S \omega_m(S) = (J_m + \frac{1}{N^2} J_o) N \alpha_o(S)$

$$\frac{\alpha_o(S)}{M_m(S)} = \frac{1}{N J_m + \frac{1}{N} J_o} = f(N) \Rightarrow \frac{df(N)}{dN} = 0 = \frac{-(J_m - \frac{1}{N^2} J_o)}{(N J_m + \frac{1}{N_o} J_o)^2} = 0$$

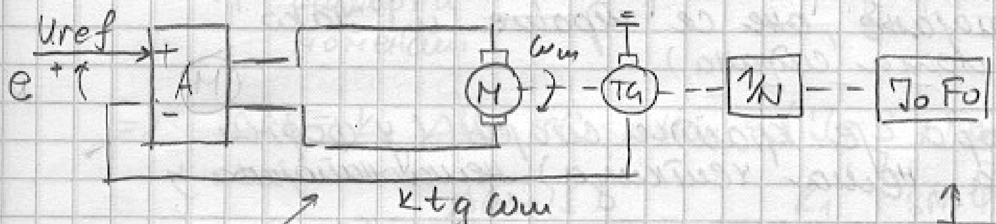
максимални

$$\Rightarrow N = \left[\sqrt{\frac{J_o}{J_m}}\right]$$

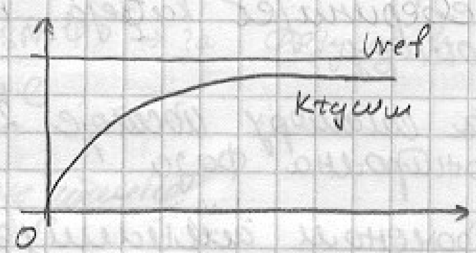
тест: 8 питања + 1 задатак

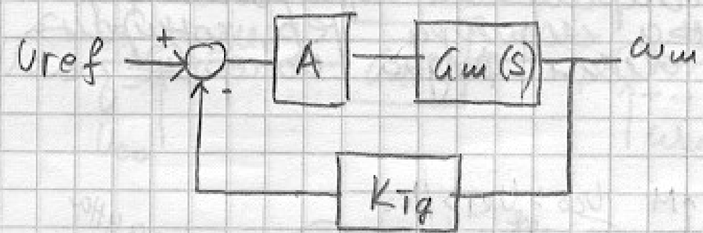
4. Брзински сервомеханизам

- одржава брзину неке осовине на некој вредности (темпомат у колима) (касетофон, CD плејер, веш машина)



$e > 0 = const$ у стационарном стању јер ако је $e = 0$ пролази кроз мотор 0 и мотор не ради!





Пример: $U_{ref} = 10V$ $A = 8$ $K_{Tg} = 1$ $G_m(S) = \frac{6}{4s+1}$

$\omega_m(\infty) = ?$

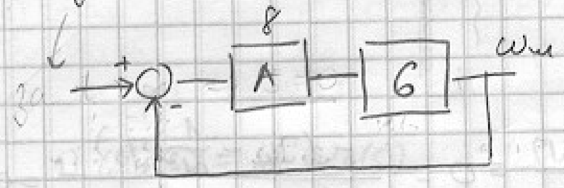
$e(\infty) = U_{ref}(\infty) - K_{Tg}\,\omega_m(\infty) = 10 - \omega_m(\infty)$

$U_r(\infty) = A \cdot e(\infty) = 80 - 8\omega(\infty) \Rightarrow G_m(S) = \frac{6}{4s+1} = \frac{\omega_m(S)}{U_r(S)}$

$6U_r(S) = 4\,s\,\omega_m(S) + \omega_m(S) \Rightarrow$

$\Rightarrow 6U_r(\infty) = \omega_m(\infty) = 480 - 48\,\omega_m(\infty) = \omega_m(\infty)$

. за $t \to \infty \Rightarrow S \to 0$



$\omega_m(\infty) = 48\,(u_r(\infty) - \omega_m(\infty))$

$e(\infty) = u_r(\infty) - K_{Tg}\,\omega_m(\infty) \neq 0$!

засигурно знамо

шта додати да грешка постане 0, а да систем ради -

интегратор
због астатизма !
2 недеље унапред

5 Двофазни наизменични серво мотор

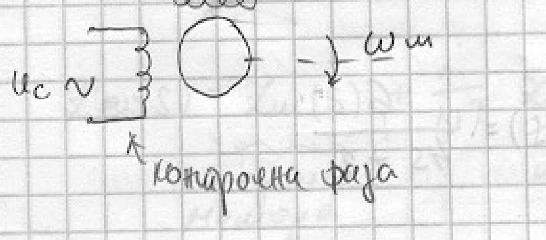
- све балмашине (осим скоријих)

(једносмерни мотор - његова покретачка карактеристика, веома је стартан - добра страна, четкице које су контакти за напајање, оне се троше и лако упадну грешке - лоша страна)

- ротор овог мотора је кратко спојен (у форми веверичијег кавеза, нема четкица) нема напајања у ротору

- на статору постоје 2 намотаја: фиксна и контролна фаза

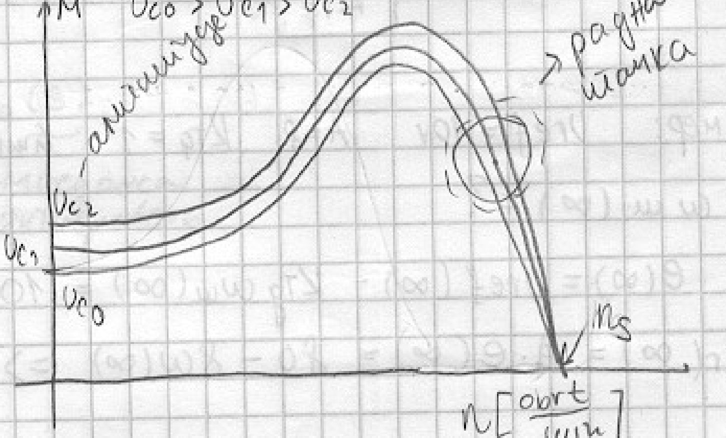
- променом амплитуде контролне фазе мења се брзина мотора а променом поларитета контролне фазе мења се смер окретања мотора јер контролна и фиксна фаза морају бити фазно померене за $\pi/2$.



синхрона брзина

$n_s = \dfrac{60f}{P}$

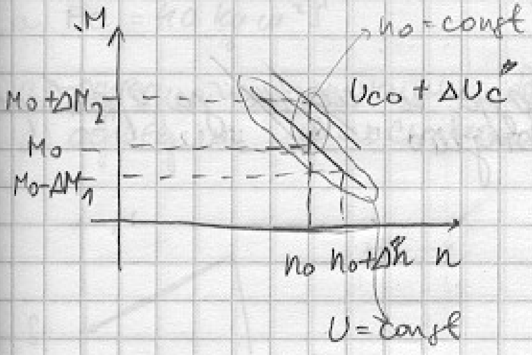
бр. пари полова статорског намотаја



- док је ротор спорији од електромагнетног поља постоји обртни моменат

- стартни моменат је мали

- у линеарном делу је радна тачка јер је моменат довољно велик а и карактеристика нам одговара



$$\frac{\Delta M_2}{\Delta U_c}$$

$$M = M(U_c, n) = M_0 + \frac{\partial M}{\partial U_c}\bigg|_{n_0 = const} \Delta U_c + \frac{\partial M}{\partial n}\bigg|_{U_c = const} \Delta n =$$

Тејлоров развој

$$= M_0 + \left(\frac{\Delta M_2}{\Delta U_c}\right) \Delta U_c + \frac{-\Delta M_1}{\Delta n} \cdot \Delta n$$

$$M - M_0 = \Delta M = k_m \cdot \Delta U_c - c_1 \cdot \Delta n \rightarrow \frac{obrt}{min} = \frac{2\pi}{60 s}$$

$$C = c_1 \cdot \frac{2\pi}{60} \Rightarrow \Delta M = k_1 \cdot \Delta U_c - C \cdot \Delta \omega_m$$

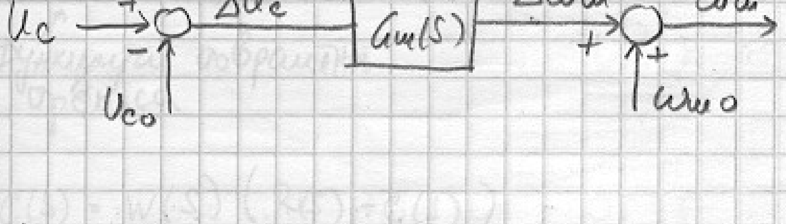
$$M = (J_e S + F_e)\, \omega_m(S)$$

отпорни моменат

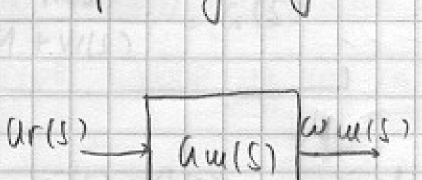
$$\Rightarrow \Delta M = k_1 \cdot \Delta U_c - C \cdot \Delta \omega_m = (J_e S + F_e) \cdot \Delta \omega_m \Rightarrow$$

$$\Rightarrow G_m(S) = \frac{\Delta \omega_m(S)}{\Delta U_c(S)} = \frac{K_1 \quad (\sin\varphi)}{J_e S + F_e + C} \rightarrow \text{за фазу од } \pi/2$$

Важи само за прираштај око радне тачке!



1) нелинеарна ф-ја у довољно малом домену важи линеаризација
2) линеарни део је лакши и једноставнији



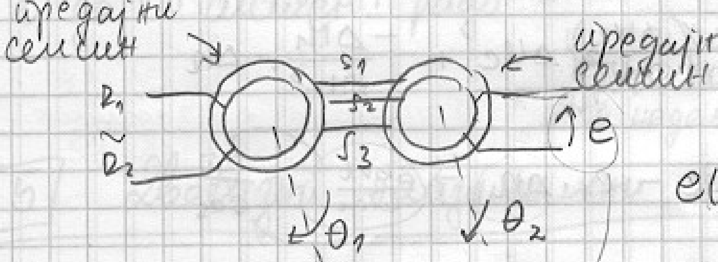
← дата је за прираштај

- на фиксну фазу доведе напон из зида, а преко кондензатора доводи напон на контролну фазу (електролитски кондензатор)

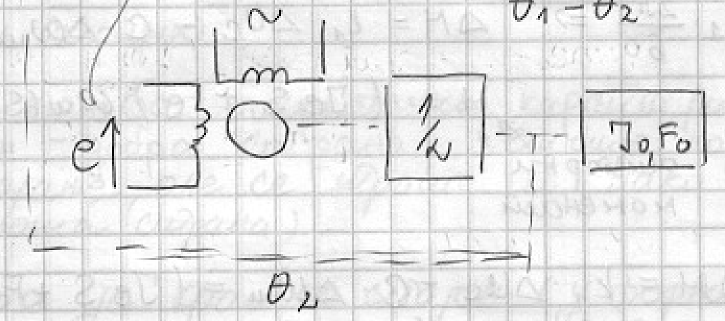
6 Селсински позициони сервомеханизам

self - synchronized

- селсини су машине наизменичне струје и служе за претварање угаоног сигнала у напонски и обрнуто
- увек се користе у паровима



$$e(t) = E_{max}\underbrace{\sin(\theta_1-\theta_2)}_{\theta_1-\theta_2}\cos(2\pi\cdot 50 f)$$



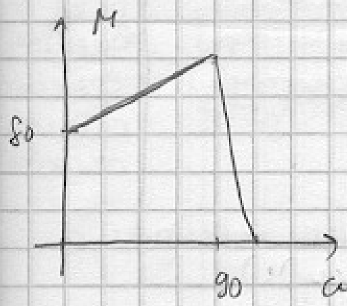
- мали уређај на крилима авиона који управља закрилцима
- селсинима зарад управљања авиона

Предавања

Пример за тест:

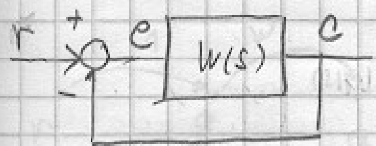
Дата је на слици карактеристика мотора
На основици мотора се налази оптерећење тако да је $J_c = 50\,kgm^2$, а $F_c = 40\,kgm^2s$

а) одредити номиналну брзину мотора
б) одредити максимално убрзање основице



Системи у затвореној спрези и Мејсоново правило (Mason)

-шти везу система са којим се среће



$$\boxed{W(s) = \frac{C(s)}{E(s)}}$$ open loop transfer f.

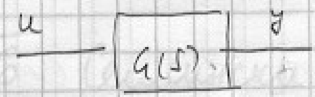
Функција повратног преноса

$$C(s) = W(s)\left(R(s) - C(s)\right)$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{W(s)}{1+W(s)} = G(s)$$ ← функција спреге
closed loop transfer f.

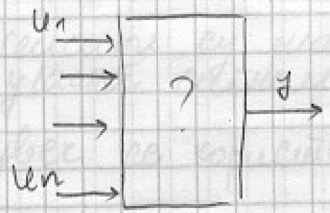
$$\frac{E(s)}{R(s)} = \frac{E(s)}{C(s)}\,\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{1+W(s)} = G_e(s)$$ ← ф-ја преноса до сигнала грешке

Подела система:

1) 

single input, single output

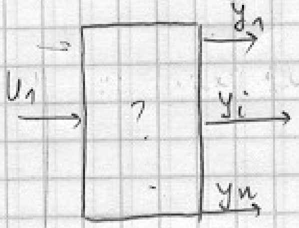
SISO - описујемо са 1 ф-јом преноса

2) 

multiple input, single output

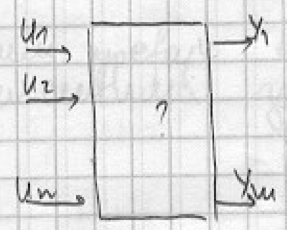
MISO

$$Y(s) = [G_1(s), \dots, G_n(s)] \begin{bmatrix} U_1(s) \\ \vdots \\ U_n(s) \end{bmatrix}$$

3) 

$$\begin{bmatrix} Y_1(s) \\ \vdots \\ Y_n(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_1(s) \\ \vdots \\ G_n(s) \end{bmatrix} \cdot U$$

SINO

4) 

$$\begin{bmatrix} Y_1(s) \\ \vdots \\ Y_m(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11}(s) & \dots & G_{1n}(s) \\ & & \\ & & G_{mn}(s) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1(s) \\ \vdots \\ U_n(s) \end{bmatrix}$$

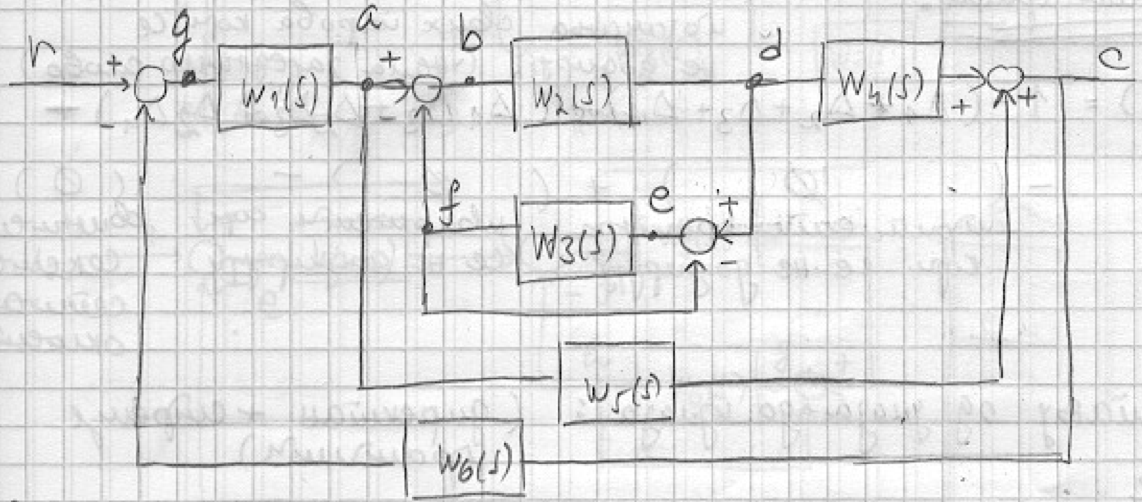
MIMO

$$\boxed{G_{ij}(s) = \frac{Y_i(s)}{U_j(s)}\Bigg|_{\substack{U_i = 0 \\ i \neq j}}}$$

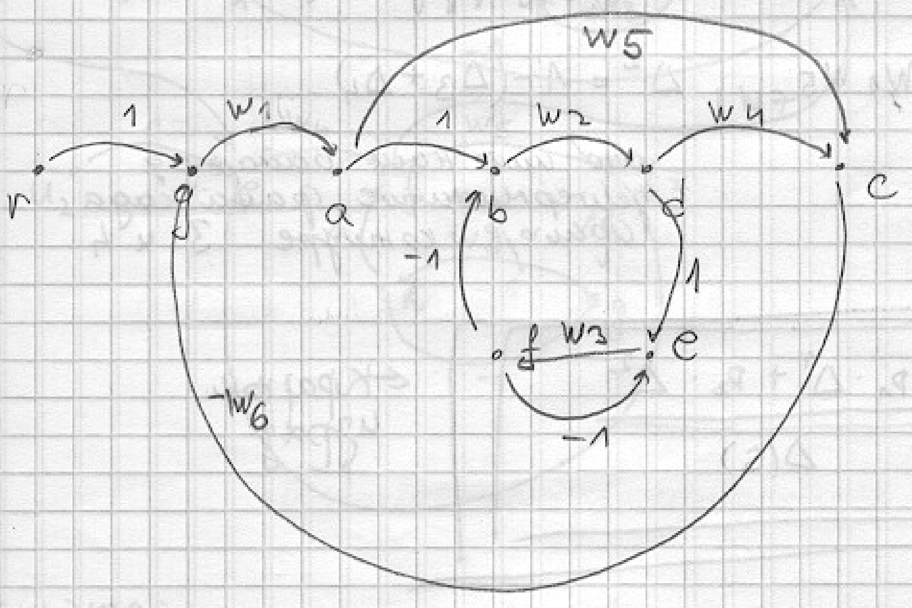
TITO - two inputs, two outputs

Мејсоново правило

За систем чији је структурни блок дијаграм дат на слици применом Мејсоновог правила одредити ФУ преноса



- граф тока сигнала:
- одаберите све важне сигнале система представити чворовима
- морате имати сигнале који се рачвају и оне који иду иза сабирача
- повезати сигнале (чворове гранама).



1) одређивање детерминанте графа $\Delta(s)$

контуре (чвор из кога када кренемо пренесемо опет дођемо у тај чвор)

1) gabdcg (највећа контура), у смеру стрелица)

$\Delta_1 = -W_1 W_2 W_4 W_6$ (појачање контуре)

2) gacg $\Delta_2 = -W_1W_5W_6$

3) fef $\Delta_3 = -W_3$

4) fbdef $\Delta_4 = -W_2W_3$

детерминанта графа:

избацивања свих парова који се не додирују (нема заједничко слово)

$$\Delta(S) = 1 - (\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4) + (\Delta_1\Delta_3 + \Delta_2\Delta_3 + \Delta_2\Delta_4) - (\varnothing) + (\varnothing) - (\varnothing)$$

триплети контура који се не додирују; квартети који се не додирују; квинтети секстети септети октети

2) гледамо путању од улаза до излаза: (директан + стрелице гранчици)

$r \to c$

1) rgabdc $P_1 = W_1W_2W_4$, $\Delta^1 = 1 - \Delta_3$

да ли постоје контуре које не додирују ову путању

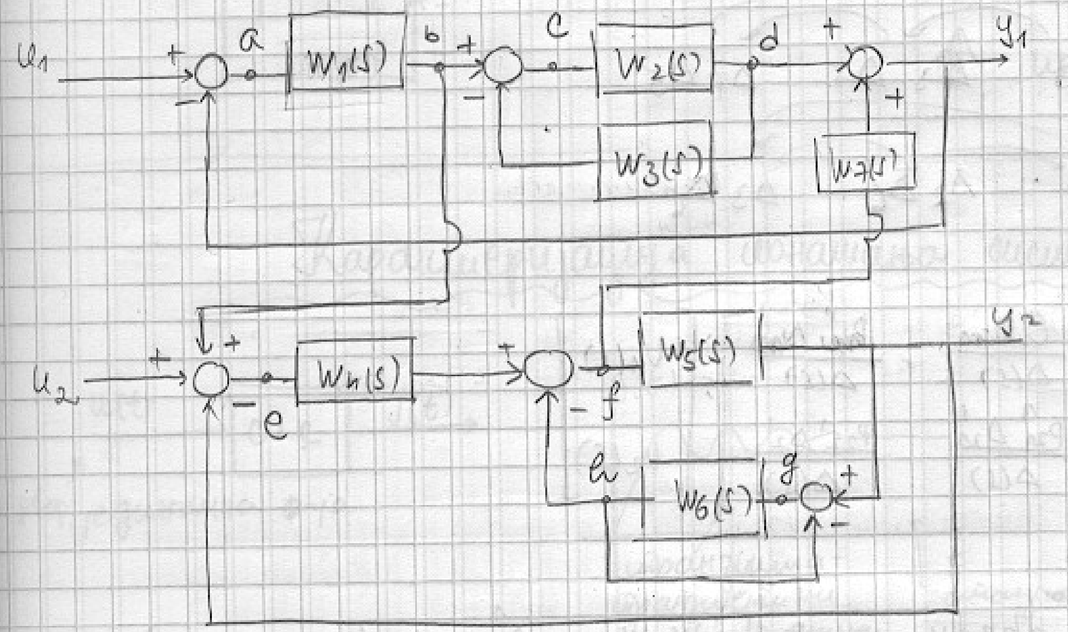
2) rgac $P_2 = W_1W_5$, $\Delta^2 = 1 - (\Delta_3 + \Delta_4)$

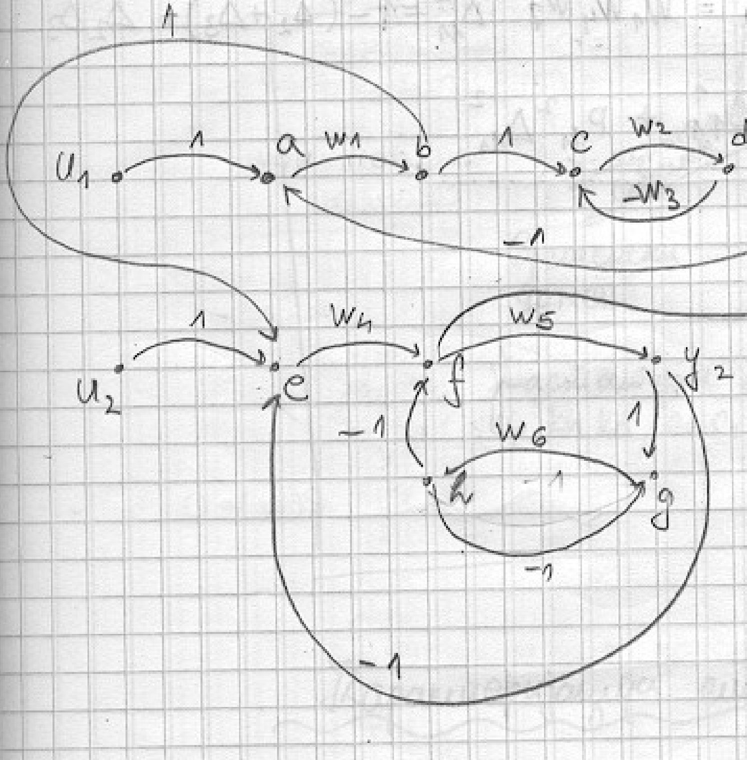
оно што нам остаје од детерминанте графа када постоје контуре 3 и 4

$$\boxed{G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{P_1 \cdot \Delta^1 + P_2 \cdot \Delta^2}{\Delta(s)}}$$

← крајњи израз

За систем дат на слици применом Мејсоновог правила одредити матрицу ф-а преноса





1. контуре:

1) $abcdy_1a$ $\quad \Delta_1 = -W_1W_2$

2) cdc $\quad \Delta_2 = -W_2W_3$

3) hgh $\quad \Delta_3 = -W_6$

4) fy_2gh $\quad \Delta_4 = -W_6W_5$

5) efy_2e $\quad \Delta_5 = -W_4W_5$

6) fy_1abef $\quad \Delta_6 = -W_1W_4W_7$

$\underline{\Delta(s)} = 1 - (\Delta_1 + \ldots + \Delta_6) +$

$+ (\Delta_1\Delta_3 + \Delta_1\Delta_4 + \Delta_1\Delta_5 + \Delta_2\Delta_3 +$

$+ \Delta_2\Delta_4 + \Delta_2\Delta_5 + \Delta_2\Delta_6 + \Delta_3\Delta_5 + \Delta_3\Delta_6)$

$- ($

$$\Delta(s) = 1 - (\Delta_1 + \dots + \Delta_6) + (\Delta_1\Delta_3 + \Delta_1\Delta_4 + \Delta_1\Delta_5 + \Delta_2\Delta_3 + \Delta_2\Delta_4 + \Delta_2\Delta_5$$
$$+ \Delta_2\Delta_6 + \Delta_3\Delta_5 + \Delta_3\Delta_6) - (\Delta_1\Delta_3\Delta_5 + \Delta_2\Delta_3\Delta_5 + \Delta_2\Delta_3\Delta_6)$$

$\Delta_1\Delta_3 \quad \Delta_3\Delta_5 \quad \Delta_1\Delta_5$

$\Delta_2\Delta_3 \quad \Delta_2\Delta_6 \quad \Delta_3\Delta_6$

2)
$$\begin{bmatrix} Y_1(s) \\ Y_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{C(s)_{11}}{\Delta(s)} & \frac{P_{12}'\Delta_{12}'}{\Delta(s)} \\ \frac{P_{21}'\Delta_{21}'}{\Delta(s)} & \frac{P_{22}'\Delta_2'}{\Delta(s)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1(s) \\ U_2(s) \end{bmatrix}$$

$U_1 \to y_1$ 1) $u_1\, abcd\, y_1$ $P_{11}' = W_1 W_2$ $\Delta_{11}' = 1 - (\Delta_3 + \Delta_4 + \Delta_5) + \Delta_3\Delta_5$

2) $U_1\, abef\, y_1$ $P_{11}^2 = W_1 W_4 W_7$ $\Delta_{11}^2 = 1 - (\Delta_2 + \Delta_3) + \Delta_2\Delta_3$

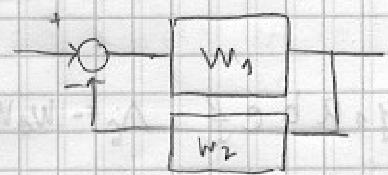
$$\boxed{C(s)_{11} = P_{11}'\Delta_{11}' + P_{11}^2\Delta_{11}^2}$$

$U_2 \to y_1$ P_{12}

$U_1 \to y_2$ 1) P_{21}

$U_2 \to y_2$ 1)

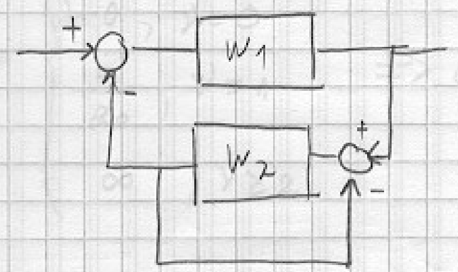
③



$$G = \frac{W_1 \cdot 1}{1 + W_1 W_2}$$
$$\underbrace{-(-W_1 W_2)}_{P}$$

ако нам је – нешто смо заборавили! позитивно на тој стрелци

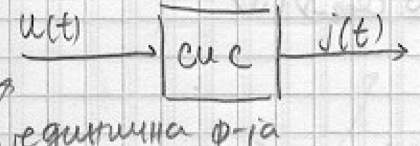
(4)



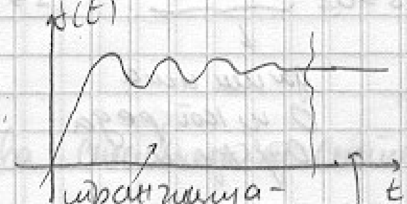
$$G = \frac{w_1(1+w_2)}{1+w_1 w_2 + w_2}$$

⇑ штос!

Карактеризација понашања система

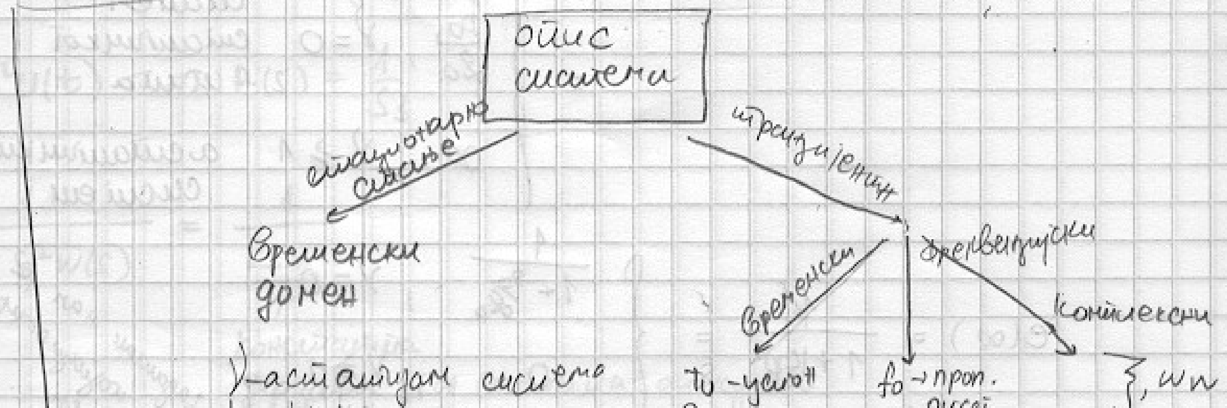


степ, јединична ф-ја



транзиција - транзијентни режим, прелазни период

стационарно стање



Временски домен

ν - астатизам система

$k_p, k_v, k_a, c_0, c_1, c_2$

T_u - успон

Π

T_s

f_0 → проп. опсег

AM - ампл. мод.

FM - фрекв. модулација

ζ, ω_n

Карактеризација стационарног стања

$$e(\infty) = \lim_{s\to 0} s\cdot E(s) = \lim_{s\to 0} s\, G_e(s) R(s) = \boxed{\lim_{s\to 0} s \cdot \frac{1}{1+W(s)}\cdot R(s) = e(\infty)}$$

заступрно је
на струјно стационарно
стање

1) $r(t)=u(t)$ – јединична побуда step

$$\Downarrow \quad R(s)=\frac{1}{s}$$

$$e(\infty)=\lim_{s\to 0} s\cdot\frac{1}{1+W(s)}\cdot\frac{1}{s}=\frac{1}{1+\lim\limits_{s\to 0} W(s)}$$

константна позиција

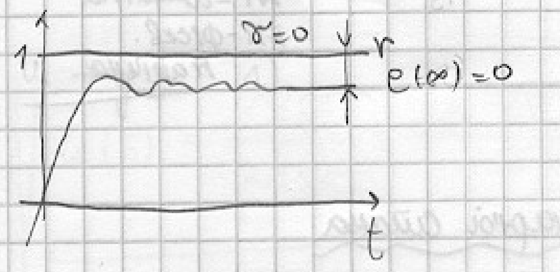
$$\boxed{K_p=\lim_{s\to 0} W(s)}=\lim_{s\to 0}\frac{P_w(s)}{p_w(s)}=\lim_{s\to 0}\frac{P_w(s)}{s^{\nu} Q_{n-\nu}(s)}=$$

да ли има 0 и ког реда 0 у нули

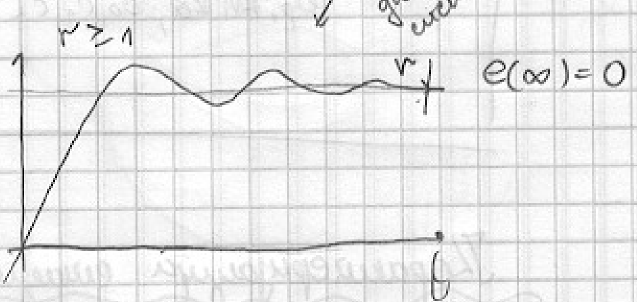
ν – ред **астатизма** система (ред 0)

$$=\begin{cases}\dfrac{p_0}{q_0}, & \nu=0 \quad \text{систем статичког типа} \Rightarrow \\ \infty, & \nu\geq 1 \quad \text{астатички систем}\end{cases}$$

$$e(\infty)=\frac{1}{1+K_p}=\begin{cases}\dfrac{1}{1+\frac{p_0}{q_0}}, & \nu=0\\ 0, & \nu\geq 1\end{cases}$$



задатак нам је да позиционирамо систем



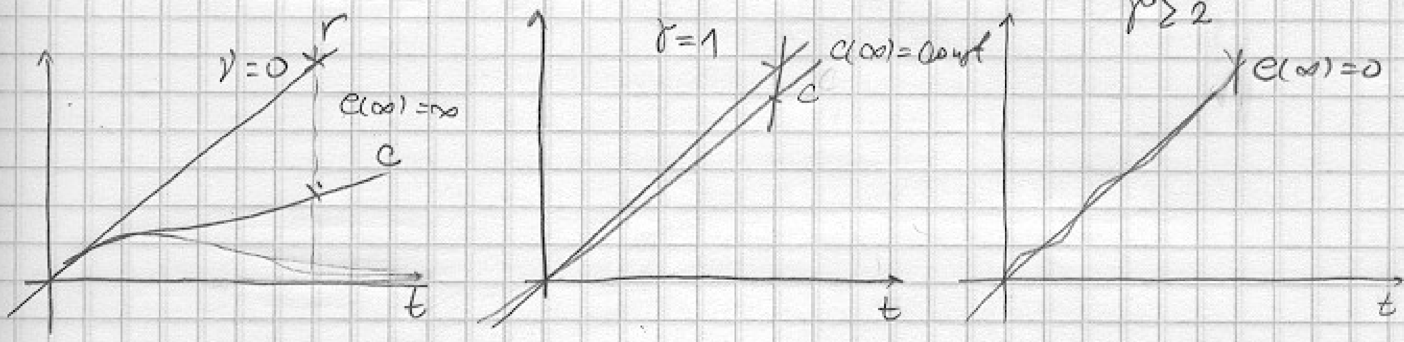
2) $r(t)=t\cdot u(t) \Rightarrow R(s)=\frac{1}{s^2} \Rightarrow$

$$e(\infty)=\lim_{s\to 0} s\frac{1}{1+W(s)}\cdot\frac{1}{s^2}=\frac{1}{\lim\limits_{s\to 0} sW(s)}=\frac{1}{K_v}$$

константа брзине

$$K_v=\lim_{s\to 0} s\cdot W(s)=\lim_{s\to 0}\frac{P_w(s)}{s^{\nu}Q_{n-\nu}(s)}=$$

$$= \begin{cases} 0, & \nu = 0 \\ \frac{p_0}{q_0}, & \nu = 1 \\ \infty, & \nu \geq 2 \end{cases} \Rightarrow e(\infty) = \frac{1}{K_\nu} = \begin{cases} \infty, & \nu = 0 \\ \frac{q_0}{p_0}, & \nu = 1 \\ 0, & \nu \geq 2 \end{cases}$$



Висок ред астатизма угрожава стабилност система (4, 5, ..., 3 некако може и да прође)

Задатак нам је да одржимо неку брзину

3) $r(t) = \frac{1}{2} t^2 u(t) \Rightarrow R(s) = \frac{1}{s^3}$

$$e(\infty) = \frac{1}{\lim_{s \to 0} s^2 W(s)} = \frac{1}{K_a}$$

константа убрзања (од система очекујемо да прати сигнал из 2 извода)

Генералисане константе грешке